



①9 BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENT- UND  
MARKENAMT

⑫ **Offenlegungsschrift**  
⑩ **DE 102 20 687 A 1**

⑤1 Int. Cl. 7:  
**F 01 L 1/344**

②1 Aktenzeichen: 102 20 687.2  
②2 Anmeldetag: 10. 5. 2002  
④3 Offenlegungstag: 20. 11. 2003

DE 102 20 687 A 1

⑦1 Anmelder:  
INA-Schaeffler KG, 91074 Herzogenaurach, DE

⑦2 Erfinder:  
Schäfer, Jens, Dipl.-Ing., 91074 Herzogenaurach,  
DE; Steigerwald, Martin, Dipl.-Ing., 91056 Erlangen,  
DE

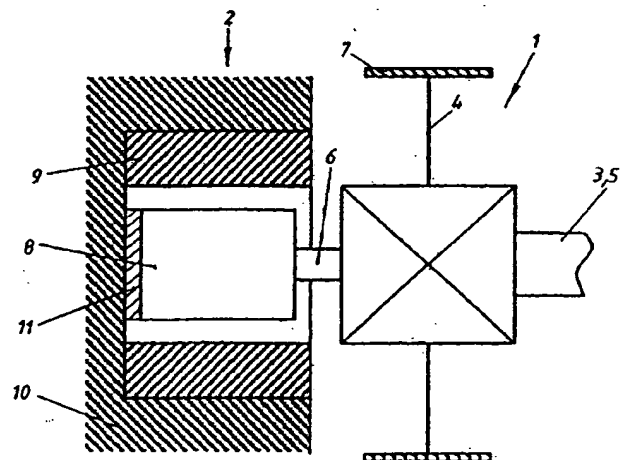
⑤6 Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht  
zu ziehende Druckschriften:  
DE 41 10 195 A 1

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

⑤4 Nockenwellenversteller mit elektrischem Antrieb

⑤7 Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung zum lösbaren Verbinden und Verstellen der Nockenwelle (3) und der Kurbelwelle eines Verbrennungsmotors, mit einem als Dreiwellegentriebe ausgebildeten Verstellgetriebe (1), das eine kurbelwellenverbundene Antriebswelle (4), eine nockenwellenverbundene Abtriebswelle (5) und eine mit einem elektrischen Verstellmotor (2) verbundene Verstellwelle (6) aufweist, wobei zwischen Antriebs- und Abtriebswelle (4, 5) bei stillstehender Verstellwelle (6) eine Standgetriebeübersetzung  $i_0$  vorliegt, deren Höhe die Getriebeartung (Minus- oder Plusgetriebe) und die Verstellrichtung der Nockenwelle (3) bestimmt, die eine Basis- oder Notlaufposition besitzt.

Die Funktionssicherheit der Vorrichtung wird dadurch verbessert, dass bei Ausfall des Verstellmotors (2) und/oder seiner Steuerung durch Abbremsen bzw. Festsetzen der Verstellwelle (6) und durch gleichzeitiges Drehen der Antriebswelle (4) sowie durch geeignete Standgetriebeübersetzung  $i_0$  die Basis- bzw. Notlaufposition der Nockenwelle (3) erreichbar und haltbar sind.



DE 102 20 687 A 1

## Beschreibung

## Gebiet der Erfindung

[0001] Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung zum lösbaren Verbinden und Verstellen der Nockenwelle und der Kurbelwelle eines Verbrennungsmotors, insbesondere nach dem Oberbegriff des Patentanspruchs 1.

## Hintergrund der Erfindung

[0002] Um bei einem Verbrennungsmotor mit hydraulischem oder elektrischem Nockenwellenverstell-System einen sicheren Motorstart zu gewährleisten, muss sich die Nockenwelle in der sogenannten Basis- oder Notlaufposition befinden. Diese liegt bei Einlassnockenwellen üblicherweise in "spät", bei Auslassnockenwellen in "früh". Im normalen Betrieb des Fahrzeugs wird die Nockenwelle beim Abstellen des Motors geregelt in die jeweilige Basisposition gefahren und dort fixiert oder verriegelt.

[0003] Herkömmliche, hydraulisch betätigte Rotationskolbenversteller, wie Flügelzeller, Schwenk- oder Segmentflügel besitzen eine Verriegelungseinheit. Diese fixiert den hydraulischen Versteller in seiner Basisposition, bis sich genügend Öldruck zum Verstellen der Nockenwelle aufgebaut hat. Kommt es zum Abwürgen des Motors, kann sich die Nockenwelle in einer undefinierten Position außerhalb der Basisposition befinden.

[0004] Bei hydraulischen Nockenwellen-Verstellungssystemen mit der Basisposition in "spät", wird die Nockenwelle beim nächsten Start des Verbrennungsmotors und dem dabei fehlenden Öldruck aufgrund des Nockenwellenreibmoments, das entgegen der Nockenwellendrehrichtung wirkt, automatisch in die späte Basisposition verstellt. Liegt die Basisposition in "früh", muss die Nockenwelle bei fehlendem Öldruck entgegen dem Nockenwellenreibmoment in die frühe Basisposition verstellt werden. Dies geschieht zumeist mit Hilfe einer Ausgleichsfeder, die ein dem Nockenwellenreibmoment gleiches aber entgegengerichtetes Moment erzeugt.

[0005] Diese bei hydraulisch betätigbaren Nockenwellenverstellern üblichen Methoden zum Erreichen der Basispositionen nach Abwürgen des Verbrennungsmotors sind bei elektrisch angetriebenen Nockenwellenverstellern nicht anwendbar. Sie sind auch nicht erforderlich, solange das Verstellmotor-System intakt ist und die Nockenwelle auch bei stehendem Verbrennungsmotor oder beim Widerstart in die jeweilige Basisposition verstellen kann. Bei elektrischen Verstellmotor-Systemen können jedoch der Verstellmotor und/oder seine Steuerung ausfallen und dadurch das Erreichen der Basisposition verhindern.

[0006] In der DE 41 10 195 A1 ist eine Vorrichtung zum lösbaren Verbinden und Verstellen der Nockenwellen und der Kurbelwelle eines Verbrennungsmotors beschrieben, mit einem als Dreiwellengetriebe ausgebildeten Verstellgetriebe, das eine kurbelwellenverbundene Antriebswelle, eine nockenwellenverbundene Abtriebswelle und eine mit einem elektrischen Verstellmotor verbundene Verstellwelle aufweist, wobei zwischen Antriebs- und Abtriebswelle bei stillstehender Verstellwelle eine Standgetriebeübersetzung  $i_0$  vorliegt, deren Höhe die Getriebebegattung (Minus- oder Plusgetriebe) und die Verstellrichtung der Nockenwellen bestimmt, die eine Basis- oder Notlaufposition besitzen.

[0007] Bei dieser Verstellvorrichtung wird eine leichtgängige und genaue Einstellung der Nockenwellenlage angestrebt. Damit bei Ausfall des Verstellmotor-Systems die Funktion des Verbrennungsmotors zumindest notdürftig aufrecht erhalten werden kann, ist eine Begrenzung des Ver-

stellwinkels vorgesehen. Ein Hinweis auf das Erreichen der Basis- bzw. einer Notlaufposition in einem solchen Fall fehlt jedoch.

## Aufgabe der Erfindung

[0008] Der Erfindung liegt deshalb die Aufgabe zugrunde, einen elektrischen Nockenwellenversteller zu schaffen, bei dem die Nockenwelle auch bei Ausfall des Verstellmotors und/oder der Steuerung desselben in ihre Basisposition verstellbar ist.

## Zusammenfassung der Erfindung

[0009] Erfindungsgegemäß wird die Aufgabe durch die Merkmale des Patentanspruchs 1 gelöst. Nach Abbremsen bzw. Festsetzen der Verstellwelle werden durch Drehen der Antriebswelle im niedrigen Leerlauf des Verbrennungsmotors oder falls dieser abgewürgt wurde beim Wiederstarten desselben, auch mit ausgefallenem Verstellmotor-System die Nockenwelle in ihre Basis- bzw. Notlaufposition verstellt. In dieser Stellung kann das Fahrzeug gestartet und mit gewissen Einschränkungen betrieben werden, so dass eine Werkstatt erreicht werden kann. Voraussetzung ist eine passende Standgetriebeübersetzung  $i_0$ , durch die die gewünschte Getriebebegattung (Plus- oder Minusgetriebe) und die Verstellrichtung (spät oder früh) bestimmt ist.

[0010] Bei der Auswahl der Verstellgetriebe kommen Minus- oder Plusgetriebe in Frage. Minusgetriebe besitzen eine Standgetriebeübersetzung  $i_0$  kleiner 0, Plusgetriebe eine solche größer 0. Bei positiver Standgetriebeübersetzung  $i_0$  haben die An- und Abtriebswelle die gleiche Drehrichtung, bei negativer Standgetriebeübersetzung  $i_0$  entgegengesetzte Drehrichtungen, bezogen auf eine stehende Verstellwelle und die mit dieser verbundenen Bauteile.

[0011] Wird bei einem Minusgetriebe die Verstellwelle festgehalten und dreht sich die Antriebswelle im Uhrzeigersinn, so dreht sich die Abtriebswelle und damit die Nockenwelle entgegen dem Uhrzeigersinn, was einer Spätverstellung entspricht.

[0012] Wird bei einem Plusgetriebe mit einer Standgetriebeübersetzung  $i_0 > 1$  die Verstellwelle festgehalten und die Antriebswelle im Uhrzeigersinn verdreht, so dreht sich die Abtriebswelle langsamer als die Antriebswelle, dass heißt, entgegen dem Uhrzeigersinn und somit in Richtung Spätverstellung.

[0013] Wird bei einem Plusgetriebe mit einer Standgetriebeübersetzung  $0 < i_0 < 1$  die Verstellwelle festgehalten und dreht sich die Antriebswelle im Uhrzeigersinn, so dreht sich die Abtriebswelle schneller als die Antriebswelle, dass heißt, im Uhrzeigersinn und damit in Richtung Frühverstellung.

[0014] Diese Verhältnisse sind auf alle in Frage kommenden Verstellgetriebe anwendbar. Zusammenfassend gilt, dass bei ausgefallenem Verstellmotor zum Erreichen einer späten Basisposition das Festsetzen der Verstellwelle eines Minusgetriebes mit  $i_0 < 0$  oder eines Plusgetriebes mit  $i_0 > 1$  und zum Erreichen einer frühen Basisposition das Festsetzen der Verstellwelle eines Plusgetriebes mit  $0 < i_0 < 1$  erforderlich sind.

[0015] Es ist von Vorteil, dass der Verstellmotor einen Permanentmagnet-Rotor mit einem passiven Selbsthaltungsmoment besitzt, das von einer Mittellage aus in beide Drehrichtungen bis zu einem Maximum ansteigt und danach wieder abfällt. Das um das gewandelte Reibmoment des Verstellgetriebes vermehrte Selbsthaltungsmoment des Verstellmotors muss nur 60%–100% des gewandelten maximalen dynamischen, auf die Verstellwelle rückwirkenden Nockenwellen-

drehmoments aufweisen, da der Energieinhalt der Spitzen des Nockenwellendrehmoments gering ist und das notwendige Haltemoment mehr durch das mittlere Nockenwellenmoment bestimmt ist. Die Verwendung eines Permanentmagnet-Rotors hat gegenüber einem Permanentmagnet-Stator den Vorteil, dass der Strom nur in den zylinderkopffesten Stator geleitet werden muss.

[0016] Bei nicht ausreichendem Selbsthaltemoment eines Permanentmagnetverstellmotors und bei fremderregten Gleichstrommotoren ohne Selbsthaltemoment dient ein zusätzliches Bremsmoment zur Festlegung der Verstellwelle. Dieses wird von einer zylinderkopffesten, bevorzugt mechanischen oder Wirbelstrombremse erzeugt. Die Bremsen werden in niedrigem Leerlauf des Verbrennungsmotors automatisch betätigt und bei arbeitendem Verstellmotor automatisch gelöst. Auf diese Weise werden die Nockenwellen vor dem Abstellen des Verbrennungsmotors immer in ihre Basisposition verstellt. Sollte dies durch Abwürgen des Motors nicht möglich sein, wird es beim nächsten Anlassen nachgeholt.

[0017] Es hat sich als vorteilhaft herausgestellt, dass die Verstellgeschwindigkeit der Nockenwelle aufgrund der gewählten Standgetriebeübersetzung  $i_0$  bei stehenden Verstellwellen und niedriger Leerlaufdrehzahl des Verbrennungsmotors vorzugsweise zwischen  $30^\circ$  und  $60^\circ$  Nockenwinkel pro Sekunde liegt. Dabei ist es ohne Belang, ob der Verstellmotor beim Rückstellen der Nockenwelle in ihre Basisposition in eine oder zwei Drehrichtungen verstellt.

[0018] Es ist erforderlich, dass in Regelstellung der Nockenwellen die Antriebs-, Abtriebs- und Verstellwellen der Verstellgetriebe mit gleicher Drehzahl umlaufen. Auf diese Weise besteht keine Relativbewegung zwischen der Kurbelwelle und den Nockenwellen.

[0019] Als Verstellgetriebe kommen beispielsweise bekannte Exzenter- oder Wellengetriebe (Plusgetriebe) oder Taumel- oder Doppelplanetengetriebe (Minus- oder Plusgetriebe) in Frage und die Verstellmotoren werden als übliche bürstenlose Permanentmagnetrotor-Motoren oder als bürstenbestückte fremderregte Gleichstrommotoren ausgebildet.

#### Kurze Beschreibung der Zeichnungen

[0020] Weitere Merkmale der Erfindung ergeben sich aus der folgenden Beschreibung und der Zeichnung in der ein Ausführungsbeispiel der Erfindung schematisch dargestellt ist. Es zeigen:

[0021] Fig. 1 ein Verstellgetriebe mit einem Verstellmotor, dessen Stator zylinderkopffest ist;

[0022] Fig. 2 ein anders Verstellgetriebe mit einem anderen Verstellmotor, dessen anderer Stator mit umläuft.

#### Ausführliche Beschreibung der Zeichnungen

[0023] In den Fig. 1 und 2 sind Verstellgetriebe 1,1' mit elektrischen Verstellmotoren 2, 2' dargestellt, die zum Verstellen der Drehwinkellage zwischen der nicht dargestellten Kurbelwelle und der Nockenwelle 3, 3' eines Verbrennungsmotors dienen.

[0024] Das Verstellgetriebe 1,1' ist als Dreiwellengetriebe ausgebildet, mit einer Antriebswelle 4, 4', einer Abtriebswelle 5, 5' und einer Verstellwelle 6, 6'.

[0025] Die Antriebswelle 4, 4' ist mit einem Antriebsrad 7, 7' und über dieses mittels eines nicht dargestellten Zahnrades, oder Zahnriemens oder einer Zahnkette mit der Kurbelwelle fest verbunden.

[0026] Die Abtriebswelle 5, 5' steht mit der Nockenwelle 3, 3' und die Verstellwelle 6, 6' mit dem Rotor 8, 8' des Ver-

stellmotors 2, 2' in fester Verbindung.

[0027] Der Stator 9 des Verstellmotors 2 ist mit dem Zylinderkopf 10 fest verbunden und steht still, der Stator 9' des Verstellmotors 2' ist mit dem Antriebsrad 7' fest verbunden und rotiert wie das Verstellgetriebe 1 mit halber Kurbelwellendrehzahl.

[0028] Die Nockenwelle 3, 3' besitzt eine Basis- bzw. Notlaufposition, die für einen sicheren Start und einen eingeschränkten Betrieb erreicht werden muss. Dies gelingt bei intaktem Verstellmotor 2, 2' auch nach einem Abwürgen des Verbrennungsmotors ohne Schwierigkeiten, da der Verstellmotor 2, 2' die Nockenwelle 3, 3' bei stehendem Verbrennungsmotor oder während des Wiederstarts in die Basisposition verstellt. Es muss aber auch bei ausgefallenem Verstellmotor 2, 2' ein Wiederstart möglich sein, um zumindest eine Werkstatt zu erreichen.

[0029] Die Verstellgetriebe 1,1' und deren Standgetriebeübersetzung  $i_0$  sind so ausgelegt, dass durch bloßes Festsetzen der Verstellwellen 6, 6' die Nockenwellen 3, 3' beim Anlassen in ihre Basisposition gelangen und der Verbrennungsmotor damit startfähig bleibt.

[0030] Bei stillstehender Verstellwelle 6, 6' und rechtsdrehender Antriebswelle 4, 4' gilt für die Auslegung von  $i_0$ : Bei  $i_0 < 0$  liegt ein Minusgetriebe mit Spätverstellung vor; bei  $0 < i_0 < 1$  ein Plusgetriebe mit Frühverstellung und bei  $i_0 > 1$  ein Plusgetriebe mit Spätverstellung.

[0031] Das Festsetzen der Verstellwelle 6 kann durch einen unbestromten Verstellmotor 2 mit Permanentmagnet-Rotor 8 oder Permanentmagnet-Stator 9 erfolgen. Der Verstellmotor 2 weist ein Selbsthaltemoment auf, dass von einer Mittellage aus in beide Drehrichtungen bis zu einem Maximum ansteigt und danach wieder abfällt. Das Selbsthaltemoment ist das maximale Drehmoment, mit dem man einen nicht erregten Verstellmotor statisch belasten kann, ohne eine ungleichförmige aber kontinuierliche Drehung hervorzurufen.

[0032] Das Selbsthaltemoment wird durch das gewandelte Reibmoment des Verstellgetriebes 1 zum Rastmoment verstärkt, das zwischen 60% und 100% des gewandelten maximalen, dynamischen Nockenwellenmomentes bei niedriger Leerlaufdrehzahl des Verbrennungsmotors liegen soll.

[0033] Reicht das Rastmoment des unbestromten Verstellmotors 2 zum Festsetzen der Verstellwelle nicht aus, wird durch eine zylinderkopffeste, mechanisch oder elektrisch wirkende Bremse 11 zusätzlich ein externes Bremsmoment aufgebracht. Dieses wirkt gleich dem Rastmoment in beide Drehrichtungen der Verstellwelle 6.

[0034] Nach einem Abwürgen des Verbrennungsmotors oder nach Ausfall des Verstellmotors 2 kann sich die Nockenwelle 3 in einer undefinierten Position befinden. Durch das Festsetzen bzw. Festbremsen der Verstellwelle 6 wird die Nockenwelle 3 beim darauffolgenden Anlassen durch die von dem Anlasser verursachte Drehbewegung der Antriebswelle 4 in ihre Basisposition verstellt, so dass ein Starten möglich ist.

[0035] Da der Stator 9' des Verstellmotors 2' (siehe Fig. 2) mit dessen Rotor 8' mitrotiert, ist ein Festsetzen der Verstellwelle 6' durch ein zwischen Stator 9' und Rotor 8' wirksames Selbsthaltemoment nicht möglich. In diesem Fall kann die Verstellwelle 6' nur durch eine zylinderkopffeste, mechanische oder elektrische Bremse 11' festgebremst werden. Mit derselben ist nach einem Abwürgen des Verbrennungsmotors oder bei Ausfall des Verstellmotors 2' spätestens beim nächsten Motoranlassen ein Verstellen der Nockenwelle 3' in ihre Basisposition und damit auch ein Motorstart ermöglicht.

[0036] Wenn die Verstellmotoren 2, 2' hohe Temperaturen aufweisen, dient das mechanische oder elektrische Fest-

bremsen der Verstellwellen 6, 6' auch zur thermischen Entlastung der Verstellmotoren 2, 2'.

#### Bezugszeichenliste

- 1 Verstellgetriebe
- 1' Verstellgetriebe
- 2 elektrischer Verstellmotor
- 2' elektrischer Verstellmotor
- 3 Nockenwelle
- 3' Nockenwelle
- 4 Antriebswelle
- 4' Antriebswelle
- 5 Abtriebswelle
- 5' Abtriebswelle
- 6 Verstellwelle
- 6' Verstellwelle
- 7 Antriebsrad
- 7' Antriebsrad
- 8 Rotor
- 8' Rotor
- 9 Stator
- 9' Stator
- 10 Zylinderkopf
- 10' Zylinderkopf
- 11 zylinderkopffeste Bremse
- 11' zylinderkopffeste Bremse

#### Patentansprüche

1. Vorrichtung zum lösbaren Verbinden und Verstellen der Nockenwelle (3, 3') und der Kurbelwelle eines Verbrennungsmotors, mit einem als Dreiwellegentriebe ausgebildeten Verstellgetriebe (1, 1'), dass eine kurbelwellenverbundene Antriebswelle (4, 4'), eine nockenwellenverbundene Abtriebswelle (5, 5') und eine mit einem elektrischen Verstellmotor (2, 2') verbundene Verstellwelle (6, 6') aufweist, wobei zwischen Antriebs- und Abtriebswelle (4, 4'; 5, 5') bei stillstehender Verstellwelle (6, 6') eine Standgetriebeübersetzung  $i_0$  vorliegt, deren Höhe die Getriebegattung (Minus- oder Plusgetriebe) und die Verstellrichtung der Nockenwelle (3, 3') bestimmt, die eine Basis- oder Notlaufposition besitzt, **dadurch gekennzeichnet**, dass bei Ausfall des Verstellmotors (2, 2') und/oder seiner Steuerung durch Abbremsen bzw. Festsetzen der Verstellwelle (6, 6') und durch Drehen der Antriebswelle (4, 4') sowie durch eine geeignete Standgetriebeübersetzung  $i_0$  die Basis- bzw. Notlaufposition der Nockenwelle (3, 3') erreichbar und haltbar sind.
2. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass für eine Spätverstellung der Nockenwelle (3, 3') ein Minusgetriebe mit  $i_0 < 0$  oder ein Plusgetriebe mit  $i_0 > 1$  und für eine Frühverstellung der Nockenwelle (3, 3') ein Plusgetriebe mit  $0 < i_0 < 1$  geeignet sind.
3. Vorrichtung nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass zum stromfreien Festsetzen der Verstellwelle (6) das Selbsthaltemoment eines Verstellmotors (2) geeignet ist, der einen Rotor (8) und einen zylinderkopffesten Stator aufweist, wobei vorzugsweise der Rotor (8) mit Permanentmagneten ausgerüstet ist.
4. Vorrichtung nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass durch entsprechendes Auslegen des Verstellmotors (2) und durch Vermehren seines Selbsthaltemoments um das gewandelte Reibmoment des Verstellgetriebes (1) vorzugsweise 60% bis 100% des gewandelten, maximalen, dynamischen, auf die Verstell-

welle (6) rückwirkenden Nockenwellendrehmoments zumindest beim Start und bei niedrigem Leerlauf des Verbrennungsmotors erreichbar sind.

5. Vorrichtung nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, dass bei nicht ausreichendem oder bei nicht vorhandenem Selbsthaltemoment des Verstellmotors (2, 2') das externe Bremsmoment einer zylinderkopffesten, mechanischen oder elektrischen Bremse (11, 11') zum Festsetzen der Verstellwelle (6, 6') vorgesehen ist.

6. Vorrichtung nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, dass die Bremsen (11, 11') im niedrigen Leerlauf des Verbrennungsmotors automatisch betätigt und bei arbeitenden Verstellmotoren (2, 2') automatisch gelöst sind.

7. Vorrichtung nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, dass die Verstellgeschwindigkeit der Nockenwelle (3, 3') aufgrund der gewählten Standgetriebeübersetzungen  $i_0$  bei stehender Verstellwelle (6, 6') und niedriger Leerlaufdrehzahl des Verbrennungsmotors vorzugsweise zwischen 30° und 60° Nockenwinkel pro Sekunde liegt.

8. Vorrichtung nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, dass die Rückstellung der Nockenwelle (3, 3') in ihre Basis- bzw. Notlaufposition unabhängig von der Drehrichtung des Verstellmotors (2, 2') erfolgt.

9. Vorrichtung nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, dass in Regelstellung der Nockenwelle (3, 3') die Antriebs-, Abtriebs- und Verstellwelle (4, 4'; 5, 5'; 6, 6') des Verstellgetriebes (1, 1') mit gleicher Drehzahl umlaufen.

10. Vorrichtung nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, dass das Verstellgetriebe (1, 1') beispielsweise als Exzenter- oder Wellengentriebe (Plusgetriebe) oder als Taumel- oder Doppelplanetengetriebe (Minus- oder Plusgetriebe) und der Verstellmotor (1, 1') als bürstenloser oder bürstenbestückter Gleichstrommotor ausgebildet sind.

---

Hierzu 1 Seite(n) Zeichnungen

---

- Leerseite -

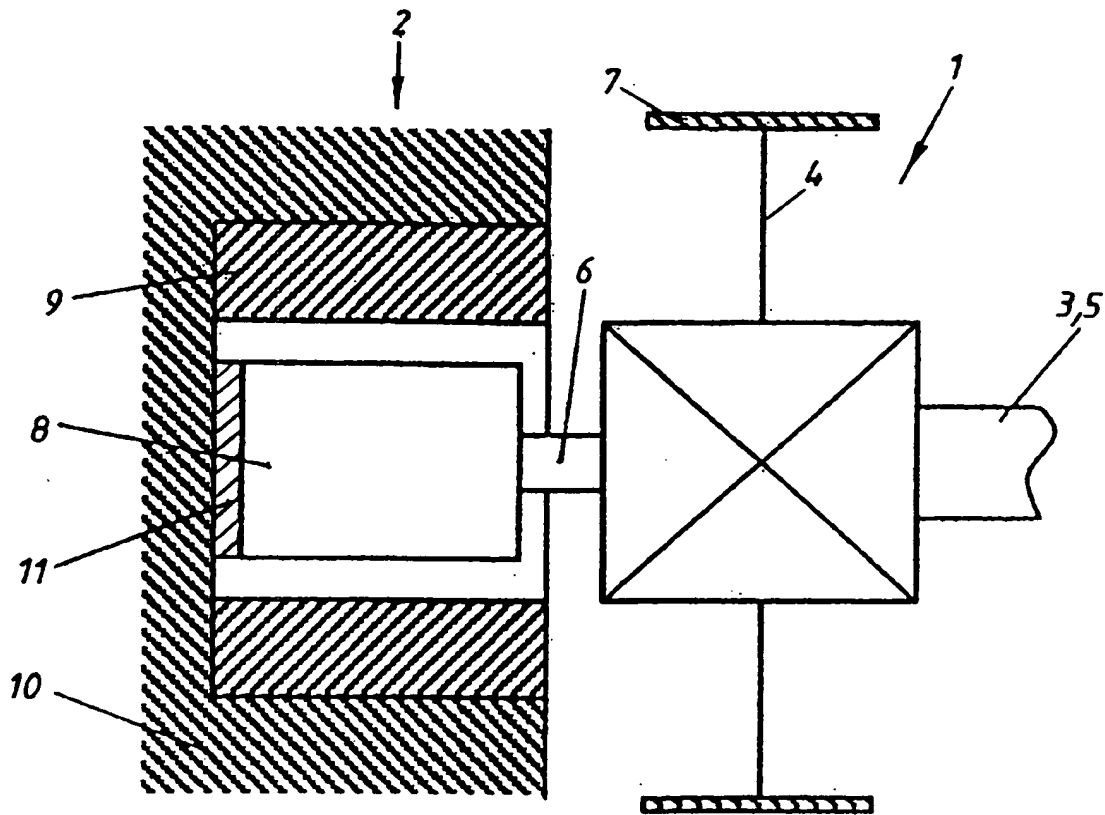


Fig. 1

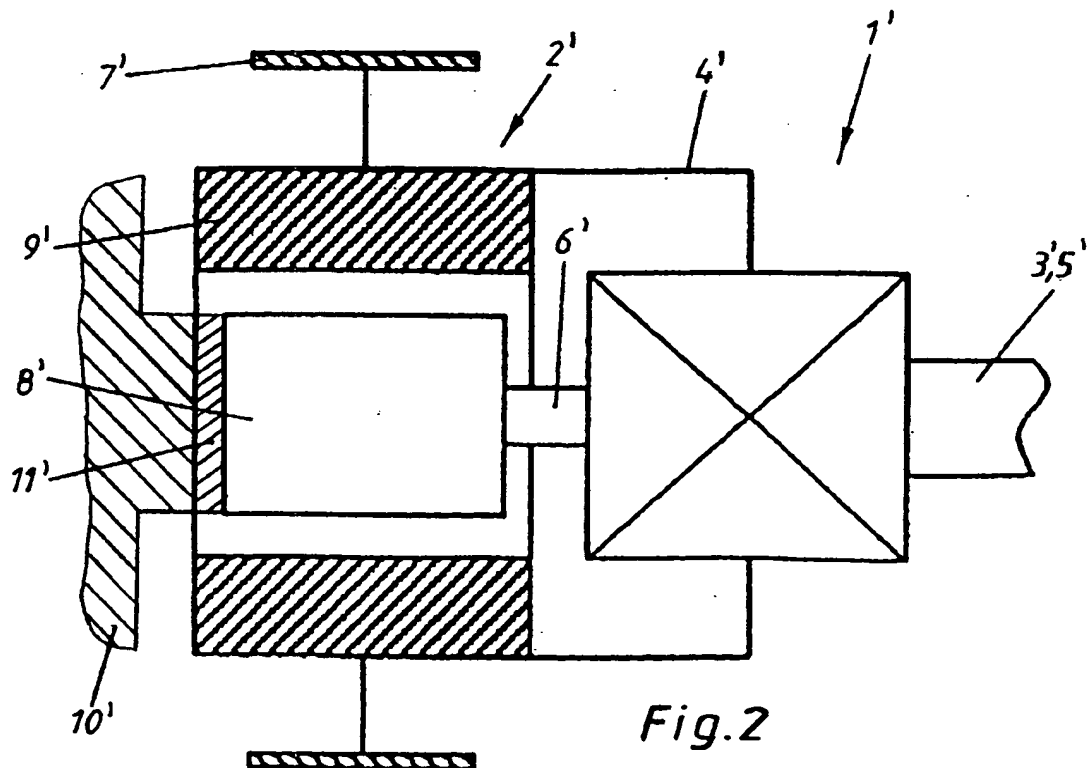


Fig. 2